

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 41 41 311 C 1

51 Int. Cl. B:
A 61 C 9/00
A 61 C 19/04

21 Aktenzeichen: P 41 41 311.3-35
22 Anmeldetag: 14. 12. 91
23 Offenlegungstag: —
25 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 8. 93

DE 4141311 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Bruckner, Gerhard, Dr., 8000 München, DE
74 Vertreter:
Grättinger, G., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.,
Pat.-Anw., 8130 Starnberg

72 Erfinder:
gleich Patentinhaber

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 8 14 022
DE 77 30 139 U1
CH 6 72 722 A5
US 37 65 092
EP 02 99 490 A2

STOLL, R., STACHNISS, V.: Computerunterstützte
Technologien in der Zahnheilkunde. In: Deutsche
Zahnärztliche Zeitschrift 45, 1990, S.314-322;

54 Verfahren zur datenmäßigen Erfassung der Zahnstruktur/-anordnung sowie Vorrichtung und Abdrucklöffel
zur Durchführung des Verfahrens

57 Zur datenmäßigen Erfassung der räumlichen Struktur
und/oder der relativen Anordnung von Zähnen wird eine
(Negativ-)Abformung oder ein (Positiv-)Modell der Zähne
zur Herstellung eines Blockes mit einer Umgießungsmasse
blasenfrei umgossen, wobei die Grenzfläche zwischen Ab-
formung bzw. Modell und Umgießung die Oberfläche der zu
vermessenden Zähne repräsentiert. Der Block wird dann
schichtweise in zueinander parallelen Ebenen abgetragen.
Die sich in jeder Schnittebene ergebende Grenzlinie zwi-
schen der Abformung bzw. dem Modell und der Umgießung
wird optisch digital erfaßt. Durch Zuordnung der dritten
Koordinate, welche der jeweiligen Lage der Schnittebene
entspricht, zu den beiden Koordinaten der Grenzlinie wird
die Grenzfläche und somit die Oberfläche der Zähne dreidi-
mensional dargestellt.

DE 4141311 C 1

DE 41 41 311 C1

2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren zur datenmäßigen Erfassung der räumlichen Struktur und der räumlichen Relation von Zähnen. Sie umfaßt auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, sowie einen Abdrucklöffel zur Verwendung bei der Durchführung der Verfahren.

Es gibt bereits zur Praxisreife entwickelte enorale Videokamera- und Bildverarbeitungssysteme mit deren Hilfe der Zahnarzt zumindest relevante Teilbereiche des bezahnten Kiefers direkt im Mund des Patienten dreidimensional erfassen, computergraphisch darstellen und vermessen kann. Einen Überblick über derartige Verfahren mit weiteren Fundstellennachweisen geben R. Stoll und V. Stachniss in ihrem Aufsatz "Computerunterstützte Technologien in der Zahnheilkunde" (Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 45 (1990), S.314 ff.).

Üblicherweise wird bei der Datenerfassung auf den zu vermessenden Zahn — im Mund oder an einem mit Hilfe einer Abformung hergestellten Modell — ein Linienmuster projiziert, aus dessen Verzerrung sich die dritte Raumdimension errechnen läßt. Das entsprechende, in der CH 672 722 A5 beschriebene System von Mörmann und Brandestini (Cerec®) wird als bislang einziges serienmäßig hergestellt und für bestimmte Teilindikationen eingesetzt. Die hierzu verwendete Vorrichtung umfaßt eine in die Mundhöhle einbringbare Kamera mit einer Lichtquelle, einer das Referenzmuster erzeugenden Maske und einer das Referenzmuster auf den Zahn projizierenden Optik sowie einen Bildsensor für das von dem Zahn reflektierte Licht. Die vom Bildsensor aufgenommenen Signale werden in ein zeilengerastertes Videosignal umgewandelt, aus welchem auf einem Monitor ein pseudoplastisches Kontrastbild erstellt wird. Zugleich wird ein dreidimensionales Relief des Zahns ermittelt. Dieses System soll dem Zahnarzt selbst ermöglichen, gleich nach dem Beschleifen erkrankter Zähne zur Aufnahme von Füllungen und Teilkronen den erforderlichen Zahnersatz computerunterstützt am Bildschirm zu konstruieren, mittels einer computergesteuerten Fräsmaschine aus einem zahnfarbenen Keramikblock heraus zufräsen und dem Patienten in derselben Sitzung einzugliedern. Somit entfällt die bislang übliche Abformung der beschliffenen und benachbarten Zähne, die Herstellung eines mit der Patientensituation möglichst identischen Modells aus Gips oder Kunststoff und die sich über Tage hinziehende Delegation der Zahnersatzfertigung an einen Zahntechniker. Die Methode der computergesteuerten Fräsung von Einlagefüllungen und Kronen bietet neben der Zeiterparnis den Vorteil, daß hinsichtlich ihrer biophysikalischen und ästhetischen Eigenschaften optimierte Werkstoffe verwendet werden können, die sich mittels konventioneller zahntechnischer Guß oder Sinterverfahren nicht verarbeiten ließen.

In der EP 02 99 490 A2 wird ebenfalls ein Verfahren beschrieben, bei welchem ein von einer Lichtquelle und einem Gitter erzeugtes Streifenmuster auf einen beschliffenen Zahn projiziert wird. Die so entstehenden Höhenschichtlinien werden von einer oberhalb des Zahnstumpfs postierten Fernsehkamera aufgenommen, und die Daten werden zu einem auf einem Monitor angezeigten Bild und einem die räumliche Struktur des Zahnstumpfes wiedergebenden Datensatz verarbeitet.

Die biologische Verträglichkeit und Langlebigkeit eines Zahnersatzes hängt jedoch ganz entscheidend von der Präzision ab, mit der die Kaufläche und die Ränder

des Ersatzstückes an die verbliebene natürliche Zahnschubstanz angepaßt sind. Eine Zahnkrone kann aber bestenfalls nur die Paßgenauigkeit erreichen, mit der die Arbeitsgrundlage (dreidimensionales Computermodell bzw. konventionelles Gipsmodell) von der Ausgangssituation (Zahn im Patientenmund) abweicht. Aus diesem Grunde ist eine möglichst genaue Erfassung der dreidimensionalen Form einzelner Zähne sowie ihrer Stellung zueinander besonders wichtig.

Während sich mit modernen Abform- und Modellmaterialien kaum meßbare Abweichungen erzielen lassen und neuere zahntechnische Verfahren reproduzierbare Randgenauigkeiten von 5 µm erreichen, weisen mit Cerec® angefertigte Einlagefüllungen variable Diskrepanzen von 50—400 µm auf. Letztere sind vor allem auf verschiedene Probleme bei der dreidimensionalen Erfassung des beschliffenen Zahnstumpfes zurückzuführen: schwierige Zugänglichkeit innerhalb der Mundhöhle des Patienten, durch Speichel bedingte Lichtreflexionen, limitierte Kameraauflösung (50 µm), Versuch der Erfassung des gesamten Zahnes mittels einer einzigen Aufnahme etc. Selbst eine Verbesserung der enoralen Kameratechnologie kann prinzipielle Einschränkungen dieser Verfahrensweise nicht aus dem Weg räumen, die jedem Zahnarzt aus der täglichen Praxis bekannt sind.

Des weiteren ist zur Erfassung der Struktur von Zähnen die Arbeit mit enoral stereoskopisch aufgenommenen Diapositiven, die außerhalb des Mundes gescannt und ausgewertet werden, bekannt.

Will man sich bei der herzustellenden Restauration nicht auf die Teilindikation einer Einlagefüllung wie beim Cerec-System beschränken, so sind zur vollständigen Zahnerfassung zusätzliche Informationen über die räumliche Relation beider Kiefer(modelle) zu gewinnen. Es gelingt jedoch mit keinem der zahlreichen in der Literatur untersuchten Registriermaterialien bzw. -verfahren aufgrund werkstoffkundlich bedingter Dimensionsveränderungen eine absolut originalgetreue und treffsichere Modellzuordnung.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur datenmäßigen Erfassung der räumlichen Struktur und der räumlichen Relation von Zähnen zu schaffen, bei welchen die ermittelten Daten möglichst genau mit der tatsächlichen Situation übereinstimmen. Das Verfahren soll mit anderen Worten somit möglichst präzise arbeiten.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Verfahren gemäß Anspruch 1 und Anspruch 9 gelöst. Beide Verfahren besitzen dabei bevorzugte unterschiedliche Anwendungsschwerpunkte: Während beim Verfahren gemäß Anspruch 1 restaurative Verfahren im Vordergrund stehen, insbesondere die hochpräzise Anfertigung von an den beschliffenen Zahn und den Antagonisten angepaßten Zahnersatzstücken, kommt das Verfahren gemäß Anspruch 9 bevorzugt zur Vorbereitung von kieferorthopädischen, chirurgischen oder prothetischen Maßnahmen zum Einsatz. Denn beim Verfahren gemäß Anspruch 1 läßt sich zugleich die Struktur von natürlichen und beschliffenen Zähnen sowie die räumliche Relation von Antagonisten in der habituellen Interkuspitationsstellung bei hoher Präzision ermitteln, wogegen das Verfahren gemäß Anspruchs 9 insbesondere zur Vermessung von Zahnbreiten, Zahnhöhen, Zahndistanzen, Kieferkammdimensionen und Kieferbasen geeignet ist. Die Wahl des im Einzelfall anzuwendenden Verfahrens richtet sich somit u. a. nach dem gewünschten Bildausschnitt, der gewünschten Auflösung

DE 41 41 311 C1

3

und der angestrebten Präzision.

Grundprinzip der erfindungsgemäßen Verfahren ist die schrittweise Erfassung zweidimensionaler Querschnittsbilder der betreffenden zu vermessenden räumlichen Strukturen in zueinander parallelen Ebenen sowie die räumliche Zusammensetzung der zweidimensionalen Querschnittsdaten zu dreidimensionalen Raumdaten mit Hilfe einer Rechneinheit. Dabei werden die zweidimensionalen Querschnittsbilder außerhalb des Mundes durch die mechanische Abtragung ultradünner Schichten von einer patientenidentischen Abformung (Anspruch 1) oder einem Gipsmodell (Anspruch 9) gewonnen, wobei die patientenidentische Abformung bzw. das Gipsmodell zuvor mit einem bevorzugt artgleichen, optisch kontrastierenden Werkstoff ausgespritzt bzw. umgossen wurde. Die Umgießung der Abformung bzw. des Gipsmodells dient dabei insbesondere dazu, die zu vermessende Fläche (Innenfläche der Abformung bzw. Außenfläche des Gipsmodells) beim Herstellen der Schnitte zu stützen, so daß Verformungen beim Schneiden sowie Abplatzen von kleinen Stücken im Falle von harten Materialien (Gips) oder Ausfransungen im Falle von weichen Materialien (Polyetherabformmasse) vermieden werden. Infolge der Umgießung der Abformung bzw. des Gipsmodells ergeben sich somit scharfe, unverformte, von ihrem Kontrastverhalten standardisierbare Grenzlinienverläufe, welche zur optischen Erfassung geeignet sind.

Die beiden erfindungsgemäßen Verfahren vollziehen sich im einzelnen zweckmäßigerweise in den folgenden Schritten: Beim Verfahren gemäß Anspruch 9 wird zunächst eine konventionelle Alginatabformung des zu vermessenden Kiefers genommen. Durch Ausgießen der Abformung mit weißem, hochpräzisem Abdruckgips wird dann ein konventionelles Gipsmodell hergestellt. Das Modell wird anschließend in eine rechteckige Gummihohlform auf eine Kunststoffbasisplatte mit einer retentiven dreidimensionalen Oberflächenstruktur geklebt. Daraufhin wird die Modelloberfläche mit dünnfließendem, dunkel pigmentiertem Gips benetzt und die Hohlform bis zur vollständigen Einbettung aller Zähne blasenfrei mit Gips ausgefüllt. Nach der Entnahme aus der Gummiform liegt ein aus Gipsmodell und Gipsumgießung zusammengesetzter Gipsquader (Block) vor, der mechanisch fest mit der Kunststoffbasisplatte verbunden ist. Die Basisplatte wird anschließend unverrückbar auf dem Objektträgertisch eines Hartschnittmikrotoms fixiert. Die Schnittebene des Mikrotoms liegt dabei parallel zur horizontalen Transversalebene des Modells. Der Bildausschnitt einer auf die Schnittebene des Mikrotoms fokussierten Videokamera erfaßt das gesamte Kiefermodell in der Übersicht. Ein Schlitten mit dem Schneidwerkzeug (einem speziell geschliffenen Messer) wird über den Gipsquader hinweggefahren, wobei eine Materialschicht vorbestimmter Stärke abgetragen wird. Nach Rücklauf des Schlittens in seine Startposition wird der Gipsblock automatisch um den Betrag der Schnittdicke angehoben, so daß die neu hergestellte Schnittfläche genau in der Bildebene der Videokamera liegt. Nun erfolgt die Schnittbilderfassung mit Hilfe einer hochauflösenden Videokamera, die unverrückbar über dem Objektträgertisch des Mikrotoms montiert ist. Das Videosignal der Schnittfläche wird unter der Regie einer handelsüblichen Bildverarbeitungssoftware in eine Videokarte eingelesen. Ein geeignetes Programm stellt beispielsweise die interaktive Bildverarbeitungssoftware "VIDS" der Al Tectron, 4005 Meerbusch 1 dar. Sofern gewährleistet ist, daß sich das zu erkennende und zu

4

vermessende Objekt kontrastreich und in sich homogen von seinem Umfeld abhebt, kann mit Hilfe der Videosoftware die Schnittfläche automatisiert in Form zweidimensionaler kartesischer Koordinatenpaare beschrieben werden, wobei die Anzahl der erhobenen Meßpunkte softwaremäßig voreingestellt werden kann und lediglich durch die Auflösung bzw. Kapazität von Videokamera und Videokarte limitiert werden.

Die Koordinaten jedes Querschnitts durch das zu erfassende Objekt werden zusammen mit der jeweils abgetragenen Schnittdicke abgespeichert. Nach der vollständigen Zerspanung des relevanten Modellbereiches können diese Daten nach entsprechender Formatierung in ein CAD-Programm importiert werden, wo sich die dritte Raumdimension durch einfache Aneinanderreihung zueinander paralleler, zweidimensionaler Polygone in bekannten Abständen regenerieren läßt. Das Computermodell der darzustellenden Strukturen entsteht quasi durch die einfache Umkehr des Schneidevorgangs. Da die Videokamera starr gegenüber dem Objektträgertisch montiert ist, werden alle Schnittbilder relativ zu einem identischen X-Y-Koordinatenursprung berechnet. Sie können daher im 3D-Computermodell einfach um den Betrag des zur X-Y-Ebene rechtwinkligen Vorschubvektors translatiert werden.

Bei dem schichtweisen Vermessungsverfahren gemäß Anspruch 1 wird kein Gipsmodell für die Auswertung herangezogen, sondern bereits die dem Patientenmund entnommene Abformung. Dies steigert einerseits die Präzision der Erfassung, da zusätzliche, durch den Modellwerkstoff (z. B. Gips) bedingte Dimensionsveränderungen vermieden werden und erspart zudem den Zeitaufwand für die Modellherstellung. Des weiteren wird beim Verfahren nach Anspruch 1 kein separater Gipsabdruck eines Kiefers vermessen, sondern es wird ein sogenannter interokklusaler Abdruck erfaßt, der die räumliche Information zweier gegenüberliegender Gebißquadranten enthält. Der interokklusale Abdruck wird in einem speziell an das erfindungsgemäße Verfahren angepaßten, weiter unten beschriebenen Abdrucklöffel genommen, wobei bevorzugt eine übliche Polyetherabdruckmasse zur Anwendung kommt. Nach dem Abbinden der Abdruckmasse wird die Abformung mit einer, bevorzugt der Abdruckmasse chemisch verwandten Substanz ausgespritzt, wobei die chemische Verwandtschaft beider Massen dazu dient, daß Abdruckmasse und Umgießungsmasse sich an ihrer Grenzfläche miteinander verbinden, so daß sie einander untrennbar stabilisieren. Der Block aus Abformung und Umgießung wird anschließend auf dem Mikrotom Schicht für Schicht abgetragen, und die jeweils freigelegten Schichten werden optisch vermessen, wie es im Zusammenhang mit Anspruch 9 vorstehend bereits beschrieben wurde. Der Block aus Abformung und Umgießung wird so in das Mikrotom eingespannt, daß dessen Schnittebenen in vertikalen Transversalebene des abgeformten Gebisses liegen.

Die erfindungsgemäße schichtweise Konturvermessung gemäß Anspruch 1, welche die Erfassung einer sog. interokklusalen Abformung, d. h. antagonistischer Zähne in ihrer natürlichen räumlichen Relation ermöglicht, wobei der Patient in der Abbindephase des Abformmaterials seine gewohnte (z. B. auch während des Schlukakts eingenommene) Kieferschlußposition einnimmt, läßt — eine dimensionsgetreue Fertigung des Ersatzstückes gemäß den gewonnenen Daten vorausgesetzt — Nachkorrekturen der Kauflächen des Ersatzstückes zur Anpassung an den Antagonisten überflüssig werden.

DE 41 41 311 C1

6

5

Für eine optimale Präzision des Schnittbildes wird zweckmäßigerweise sowohl der Abdruck als auch die Umgießung mit einer Abdruckmasse auf Polyetherbasis hergestellt, wobei zweckmäßigerweise die Umgießungsmasse bei ihrer Verarbeitung dünnflüssiger konfektioniert ist als die Abformungsmasse. Die Umgießungsmasse könnte dahingehend modifiziert werden, daß ihr ein fluoreszierender Farbstoff beigeemengt wird, der bei geeigneter Beleuchtung der Schnittfläche das Kontrastverhalten der Grenzfläche zusätzlich steigert.

Eine Vorrichtung zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren ist in Anspruch 12 angegeben. Bei dem im Rahmen der Erfindung verwendeten Mikrotom handelt es sich um ein hochpräzises Schneidegerät, mit dem von einem groben Körper ultradünne Schnitte mit einer minimalen einstellbaren Schichtdicke von 1 µm abgetragen werden können. Bei den im Handel befindlichen Mikrotomen sind sämtliche Parameter wie Schnittdicke, Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit des Schlittens mit dem Schneidwerkzeug sowie Start- und Umkehrpunkt des Schlittens programmierbar. In Anpassung an das erfindungsgemäße Verfahren wird auf dem Objektträgertisch eines derartigen bekannten Mikrotoms ein Träger aufgebaut, an welchem eine Videokamera fest montiert ist. Die Videokamera befindet sich dabei exakt über der mit dem Mikrotom zu bearbeitenden Probe und ihre optische Achse steht auf der Schneideebene des Mikrotoms senkrecht, so daß die jeweils hergestellten Schnitte von der Videokamera verzerrungs- und parallaxefrei abgetastet werden können. Am Mikrotom angeordnet ist eine Recheneinheit, in welcher die Verarbeitung der optisch erfaßten Daten nach handelsüblichen Bildverarbeitungsprogrammen erfolgt. Hierzu ist die Recheneinheit mit der Videokamera und der Hubeinrichtung des Mikrotoms leitungs-
mäßig verbunden, wobei die Daten von zwei Dimensionen von der Videokamera und die Daten der dritten Dimension von der Hubeinrichtung geliefert werden.

Der erfindungsgemäße Löffel, welcher die im Rahmen des Verfahrens gemäß Anspruch 1 vorgesehene Abnahme einer interokklusalen Abformung ermöglicht, welche gemäß den folgenden Schritten des Anspruchs 1 weiterverarbeitet werden kann, umfaßt zwei ebene, parallel zueinander ausgerichtete Backen, vorzugsweise aus Metall, welche mittels eines schmalen Bügels miteinander verbunden sind, und stellt eine Modifikation des Abformlöffels nach Scheufele dar. An einer der Backen ist ein Griff b festigt. Der Löffel umfaßt ferner zwei Halteplatten, vorzugsweise aus Kunststoff, welcher auf die Metallbacken aufgeschoben und von diesen abgezogen werden können. Dieser mehrteilige Aufbau des Löffels dient dazu, daß, nachdem die Abformung genommen und mittels der Umgießungsmasse umgossen worden ist, der so entstehende Block zusammen mit den beiden Halteplatten von dem Rest des Löffels getrennt werden kann. Die beiden Halteplatten dienen bei der weiteren Bearbeitung des Blockes auf dem Mikrotom dessen Befestigung und Stabilisierung. Zu diesem Zwecke weisen die Halteplatten an ihren Oberflächen, welche zur Abformung weisen, retentive Bohrungen auf. In diese Bohrungen tritt, wenn die Abformung genommen wird, Abdruckmasse ein und verbindet auf diese Weise die Abformung fest mit den Halteplatten. Des weiteren weisen die Halteplatten an ihrer nach mesial gerichteten Stirnseite Platten auf, mit welchen der Block aus Abformmasse, Umgießungsmasse und Halteplatten auf dem Mikrotom befestigt wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeich-

nung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Abdrucklöffels,

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Abdrucklöffel gemäß Fig. 1 mit einer interokklusalen Abformung eines oberen sowie eines beschliffenen unteren Molaren,

Fig. 3 den Abdrucklöffel mit der Abformung gemäß Fig. 2 während der Ausspritzung der Abformung mit einer Umgießungsmasse,

Fig. 4 die perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur datenmäßigen Erfassung der Zahnstruktur/-anordnung,

Fig. 5 den Querschnitt durch ein im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens zweckmäßigerweise eingesetztes Sägeblatt und

Fig. 6 einen Plotter-Ausdruck der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erfaßten Daten eines Zahnes als dessen perspektivische Ansicht.

Der in Fig. 1 dargestellte Abdrucklöffel besteht aus einem Halter 1 und zwei Halteplatten 2. Der Halter 1 umfaßt dabei zwei Backen 3, welche durch rechteckige Metallplatten gebildet sind. Die beiden Backen 3 sind durch einen schmalen Metallbügel 4 verbunden, welcher an jeder der Backen 3 im Bereich einer der beiden kurzen Kanten angelötet ist. Der Bügel 4 ist dabei so gestaltet, daß die Backen 3 in zueinander parallelen Ebenen liegen und daß die einander entsprechenden Längs- und Querkanten der Backen zueinander parallel sind. An einer der Backen 3 ist ein Griff 5 angelötet, welcher ebenso wie der Bügel 4 aus einem Vierkantstab gebildet ist; das freie Ende des Griffes 5 ist zur Vermeidung von Verletzungen schlaufenförmig geschlossen ausgebildet.

Die beiden Halteplatten 2, welche darauf angepaßt sind, auf die Backen 3 des Halters 1 aufgeschoben zu werden, sind bezüglich einander identisch aufgebaut. Sie weisen jeweils eine rechteckige Grundfläche 6 auf, welche an beiden Längskanten Befestigungsschienen 7 besitzen. Die Halteplatten 2 besitzen somit einen C-förmigen Querschnitt, wobei die im Bereich der Befestigungsschienen 7 vorhandenen Nuten 8 zur Aufnahme der Backen 3 des Halters 1 zwischen sich vorgesehen sind. Wie in Fig. 1 gezeigt, werden die Halteplatten so auf die Backen des Halters aufgeschoben, daß ihre Grundflächen 6 einander zugekehrt sind.

Die Grundflächen 6 der Halteplatten 2 sind mit Löchern 9 versehen, in welche bei der Herstellung der interokklusalen Abformung die Abdruckmasse eindringt zur Herstellung einer formschlüssigen retentiven Verbindung zwischen der Abformmasse und den beiden Halteplatten. Stirnseitig weisen beide Halteplatten 2 je eine Stirnplatte 10 auf, mittels welcher, wie weiter unten beschrieben werden wird, der Block aus den beiden Halteplatten 2, der interokklusalen Abformung und der Umgießung auf dem Mikrotom befestigt wird. Damit die Halteplatten 2 zusammen mit der Abformung und der Umgießung auf dem Mikrotom schichtweise abgetragen werden können, bestehen sie aus einem Hartkunststoff.

Um die interokklusale Abformung gemäß Merkmal a des Anspruchs 1 zu nehmen, wird zunächst der Löffel gemäß Fig. 1 dadurch vorbereitet, daß die beiden Halteplatten 2 auf die Backen 3 des Halters 1 geschoben werden, woraufhin anschließend der Raum zwischen den Grundflächen 6 der Halteplatten mit einer Polyetherabformmasse aufgefüllt wird. Der so vorbereitete Löffel wird nun in der Weise in den Patientenmund eingeführt, daß die Zahnreihen der einander gegenüberliegenden Ober- und Unterkiefer zwischen den beiden

DE 41 41 311 C1

8

7

Halteplatten 2 liegen, wobei der die Backen 3 verbindende Bügel 4 hinter dem am weitesten distal gelegenen Backenzahn zu liegen kommt, so daß er das Schließen des Gebisses nicht behindert. Der Griff 5 befindet sich dabei auf der Außenseite, so daß auch er das Schließen des Gebisses, während die Abformung genommen wird, nicht behindert.

Fig. 2 zeigt den Abdrucklöffel gemäß Fig. 1 im Querschnitt, nachdem er nach Nehmen der interokklusalen Abformung dem Patientenmund entnommen wurde. Der im Querschnitt gemäß Fig. 2 gezeigte Zahn des Oberkiefers ist unbehandelt, während der gegenüberliegende Zahn des Unterkiefers zur Vorbereitung des Aufsetzens einer Krone beschliffen wurde. Die Zähne des Oberkiefers und des Unterkiefers haben beim Schließen des Gebisses in seine habituelle Interkuspidationsstellung die zwischen den Grundplatten der Halteplatten eingebrachte Abdruckmasse 11 in der Weise verformt, daß sie eine interokklusale Abformung der jeweiligen Antagonisten darstellt. Dementsprechend erkennt man in der Abdruckmasse Hohlräume, welche die Außenkontur der Zähne und des angrenzenden Zahnfleisches von Ober- und Unterkiefer wiedergeben. Fig. 2 zeigt des weiteren, daß beim Schließen der Abdruckmasse 11 auch in die Löcher 9 der Grundplatten 6 der Halteplatten verdrängt wurde, so daß die Abdruckmasse 11 mit den Grundplatten verzahnt ist.

Im nächstfolgenden Schritt werden gemäß Fig. 3 die durch die Zähne und das angrenzende Zahnfleisch in der Abdruckmasse 11 gebildeten Hohlräume durch eine während der Verarbeitung — dünnflüssige Polyetherabdruckmasse blasenfrei aufgefüllt. An ihrer Grenzfläche gehen die Abformung 11 und die Umgiebung 12 miteinander eine chemische Verbindung ein, so daß zwischen den Grundplatten 6 der Halteplatten eine im wesentlichen homogene Einheit aus Abformung und Umgiebung entsteht; infolge einer entsprechenden Einfärbung der Abdruckmasse für die Abformung 11 und der für die Umgiebung 12 sind die beiden Bereiche allerdings optisch kontrastiert.

Wenn die Abformung 11 und die Umgiebung 12 vollständig ausgehärtet sind, werden die Halteplatten 2 von den Backen 3 des Halters abgezogen. Der Block aus den beiden Kunststoff-halteplatten und der zwischen ihnen liegenden Abformung 11 und der Umgiebung 12 kann dann auf der weiter unten beschriebenen Vorrichtung schichtenweise abgetragen und die jeweilige Grenzlinie 13 (Fig. 3) zwischen der interokklusalen Abformung 11 und der Umgiebung 12 kann optisch erfaßt und digital abgespeichert werden.

Die Vorrichtung, mit welcher die Auswertung bzw. Zahndatenerfassung erfolgt, ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. Sie umfaßt ein Mikrotom mit einem Objektträgerstisch 14, einer unter dem Objektträgerstisch angeordneten Hubeinrichtung 15 und einem auf dem Objektträgerstisch verfahrbaren Schlitten 16. In dem Schlitten 16 ist eine Schneidvorrichtung untergebracht, welche einen Elektromotor 17 aufweist, auf dessen Welle 18 eine in einer horizontalen Ebene rotierende Scheibenfräse 19 bzw. ein an seiner Unterfläche hohlgeschliffenes Kreissägeblatt befestigt ist. Eine in Höhe der Schnittebene angebrachte, nicht dargestellte Preßluftdüse und ein ihr gegenüberliegender Absaugstutzen dienen der Entsorgung des bei der Zerspaltung anfallenden Staubes.

Auf dem Objektträgerstisch 14 ist ein U-förmiger Träger 22 aufgebaut, dessen lichte Weite derart bemessen

ist, daß der Schlitten 16 ungehindert durch ihn hindurch verfahren werden kann. Am Querholm 23 des Trägers 22 ist eine Videokamera 24 befestigt, deren optische Achse 25 mit der Vorschubrichtung 26 der Hubeinrichtung 15 zusammenfällt und normal steht auf dem Objektträgerstisch 14.

Auf dem in Vorschubrichtung 26 verfahrbaren Hubteil 27 der Hubeinrichtung 15 ist der Block aus den beiden Backen 2 des Abdrucklöffels und der zwischen ihnen aufgenommenen Abformung 11 und Umgiebung 12 befestigt, wobei die Stirnplatten 10 mittels — nicht dargestellter — Befestigungselemente auf der Stirnfläche 28 des Hubteils 27 fixiert sind. Der Block aus Halteplatten 2, Abformung 11 und Umgiebung 12 ragt dabei durch eine in dem Objektträgerstisch 14 vorgesehene Bohrung 29 hindurch, so daß das Kreissägeblatt 19 der Schneideinrichtung parallel zum Objektträgerstisch Schichten von ihm abtragen kann.

Die in dem Gehäuse 30 untergebrachte Steuerung steuert die Vorrichtung gemäß Fig. 4 in der Weise, daß folgende Schritte wiederholt nacheinander ausgeführt werden: Anheben des Hubteils 27 um eine vorgegebene Zustellung, Verfahren des Schlittens 16 mit der Schneidvorrichtung nach links und wieder zurück, so daß durch das Kreissägeblatt 19 eine eine der Zustellung entsprechende Schicht von den Halteplatten 2, der Abformung 11 und der Umgiebung 12 abgetragen wird, Erfassung der Grenzlinie 13 zwischen der Abformung 11 und der Umgiebung 12 in dem sich ergebenden Transversalschnitt mittels der Videokamera 24.

Datenleitungen verbinden die Videokamera und die Steuerung für die Hubeinrichtung mit einer Rechneinheit (Computer bzw. Workstation). Die Rechneinheit, welche mit einer herkömmlichen Auswertelektronik arbeitet, ordnet die in X- und Y-Koordinaten definierte Grenzlinie 13 jeder Schnittebene der aktuellen Z-Koordinate des Hubteils 27 der Hubeinrichtung 15 zu, so daß die räumliche Grenzfläche zwischen der Abformung 11 und der Umgiebung 12 dreidimensional erfaßt ist. Fig. 6 veranschaulicht das Ergebnis anhand eines Computerausdrucks, der die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelte Struktur eines beschliffenen Zahnes in perspektivischer Ansicht darstellt, wobei wahlweise 20 µ als auch 40 µ Schichten abgetragen wurden. Ebenso wie zur zeichnerischen Darstellung der Oberfläche eines Zahnes/mehrerer Zähne lassen sich die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelten dreidimensionalen Daten zur Steuerung einer NC-Werkzeugmaschine verwenden, welche eine Krone oder dergleichen bearbeitet.

Fig. 5 veranschaulicht, daß das Kreissägeblatt 31, welches in dem Mikrotom zweckmäßigerweise verwendet wird, an der Stirnfläche 32 (gegenüber dem Schaft 33 des Trägers) derart hohlgeschliffen ist, daß die Stirnfläche konisch ist. Am Umfang 34, der die Sägezähne trägt, besitzt das Sägeblatt somit seine größte Dicke; zum Zentrum hin verjüngt es sich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur datenmäßigen Erfassung der räumlichen Struktur und der räumlichen Relation von Zähnen mit folgenden Schritten:
 - a) Vom zu erfassenden Ausschnitt des Gebisses wird eine interokklusale Abformung in der habituellen Interkuspidationsstellung genommen;
 - b) die Abformung wird mit einer Umgiebung-

DE 41 41 311 C1

10

9

masse, welche bezüglich der Abformmasse optisch kontrastiert ist, blasenfrei umgossen;
c) nach Aushärten der Umgießungsmasse wird der Block aus Abformung und Umgießung auf einem Mikrotom befestigt;

d) das Mikrotom trägt nacheinander zueinander parallele Schichten des Blockes aus Abformung und Umgießung ab;

e) die zweidimensionale Grenzlinie zwischen der Abformung und der Umgießung jeder nach dem Abtragen einer Schicht entstehenden Schnittfläche des Blockes aus Abformung und Umgießung wird optisch digital erfaßt;

f) eine Recheneinheit setzt die Grenzliniendaten aller Schnittflächen des Blockes und die Lagedaten der jeweiligen Schnittebenen zu einer dreidimensionalen räumlichen Grenzfläche zusammen, welche die Oberfläche der erfaßten Zähne repräsentiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Herstellung der Abformung verwendete Abdruckmasse und die Umgießungsmasse chemisch verwandt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Abformung wie der Umgießung eine Abdruckmasse auf Polyetherbasis verwendet wird.

4. Verfahren und Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der auf dem Mikrotom eingespannte Block aus Abformung und Umgießung ferner zwei Halteplatten eines Abdrucklöffels umfaßt, welche mit der Abformmasse formschlüssig verbunden sind und nach Aushärten der Abformung zusammen mit dieser von Backen des Abdrucklöffels abgezogen wurden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umgießungsmasse bei ihrer Verarbeitung dünnflüssiger konfektioniert ist als die Abformmasse.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umgießung mittels einer fluoreszierenden Abdruckmasse hergestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zueinander parallelen Schichten in vertikalen Transversalebene des Gebisses liegen.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das schichtweise Abtragen des Blockes aus Abformung und Umgießung unter Verwendung eines rotierenden Fräasers oder Sägeblattes erfolgt.

9. Verfahren zur datenmäßigen Erfassung der räumlichen Relation von Zähnen mit folgenden Schritten:

a) Vom betreffenden Kiefer wird eine Alginat-abformung genommen;

b) in der Alginatabformung wird ein Gipsmodell des abgeformten Kiefers hergestellt;

c) das Gipsmodell wird mit eingefärbtem, farblich kontrastierendem Gips umgossen;

d) nach Aushärten der Umgießung wird der Block aus Gipsmodell und Umgießung auf einem Mikrotom befestigt;

e) das Mikrotom trägt nacheinander zueinander parallele Schichten des Blockes ab;

f) die zweidimensionale Grenzlinie zwischen dem Gipsmodell und der Umgießung jeder nach dem Abtragen einer Schicht entstehenden Schnittfläche des Blockes wird optisch digital erfaßt;

g) eine Recheneinheit setzt die Grenzliniendaten aller Schnittflächen des Blockes und die Lagedaten der jeweiligen Schnittebenen zu einer dreidimensionalen räumlichen Grenzfläche zusammen, welche die Oberfläche der erfaßten Zähne repräsentiert.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zueinander parallelen Schichten in horizontalen Transversalebene des Gebisses liegen.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das schichtweise Abtragen des Blockes aus Gipsmodell und Umgießung unter Verwendung eines Messers erfolgt.

12. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, umfassend:

— ein Mikrotom mit einem Objektträgertisch (14), einem mit einem Schneidwerkzeug bestückten, auf dem Objektträgertisch verschiebbaren Schlitten (16) und einer mit Befestigungsmitteln versehenen Hubeinrichtung (15) mit senkrecht zum Objektträgertisch ausgerichteter Vorschubrichtung (26);
— einem am Objektträgertisch fest montierten Träger (22, 23);

— einer Videokamera (24), welche am Träger (22, 23) oberhalb der Hubeinrichtung (15) des Mikrotoms angeordnet und in der Weise ausgerichtet ist, daß die optische Achse (25) der Videokamera und die Vorschubrichtung (26) der Hubeinrichtung (15) zusammenfallen und die Bildebene der Videokamera parallel zur Schnittebene des Mikrotoms ausgerichtet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß am Objektträgertisch (14) oder an dem Schlitten (16) mindestens jeweils eine einer Absaugvorrichtung zugeordnete Saugdüse und Blasdüse, vorzugsweise einander gegenüberliegend, vorgesehen sind.

14. Abdrucklöffel zur Verwendung bei einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bestehend aus zwei Ebenen, zueinander parallelen Backen (3), vorzugsweise aus Metall, welche mittels eines schmalen Bügels (4) miteinander verbunden sind und von denen eine einen Griff (5) aufweist, und zwei Halteplatten (2), vorzugsweise aus Kunststoff, welche mit den Backen (3) zusammenwirkende Befestigungsmittel aufweisen und auf die Backen aufgeschoben und von diesen abgezogen werden können, wobei beide Halteplatten (2) jeweils eine Stirnplatte (10) aufweisen.

15. Abdrucklöffel gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß als Befestigungsmittel Befestigungsschienen (7) vorgesehen sind, welche Nuten (8) zur Aufnahme der Backen (3) ausbilden.

16. Abdrucklöffel gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der Abdruckmasse in Berührung kommenden Flächen der Halteplatten aufgeraut sind.

17. Abdrucklöffel gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der Abdruckmasse in Berührung kommenden Flächen der Halteplatten Bohrungen (9) aufweisen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

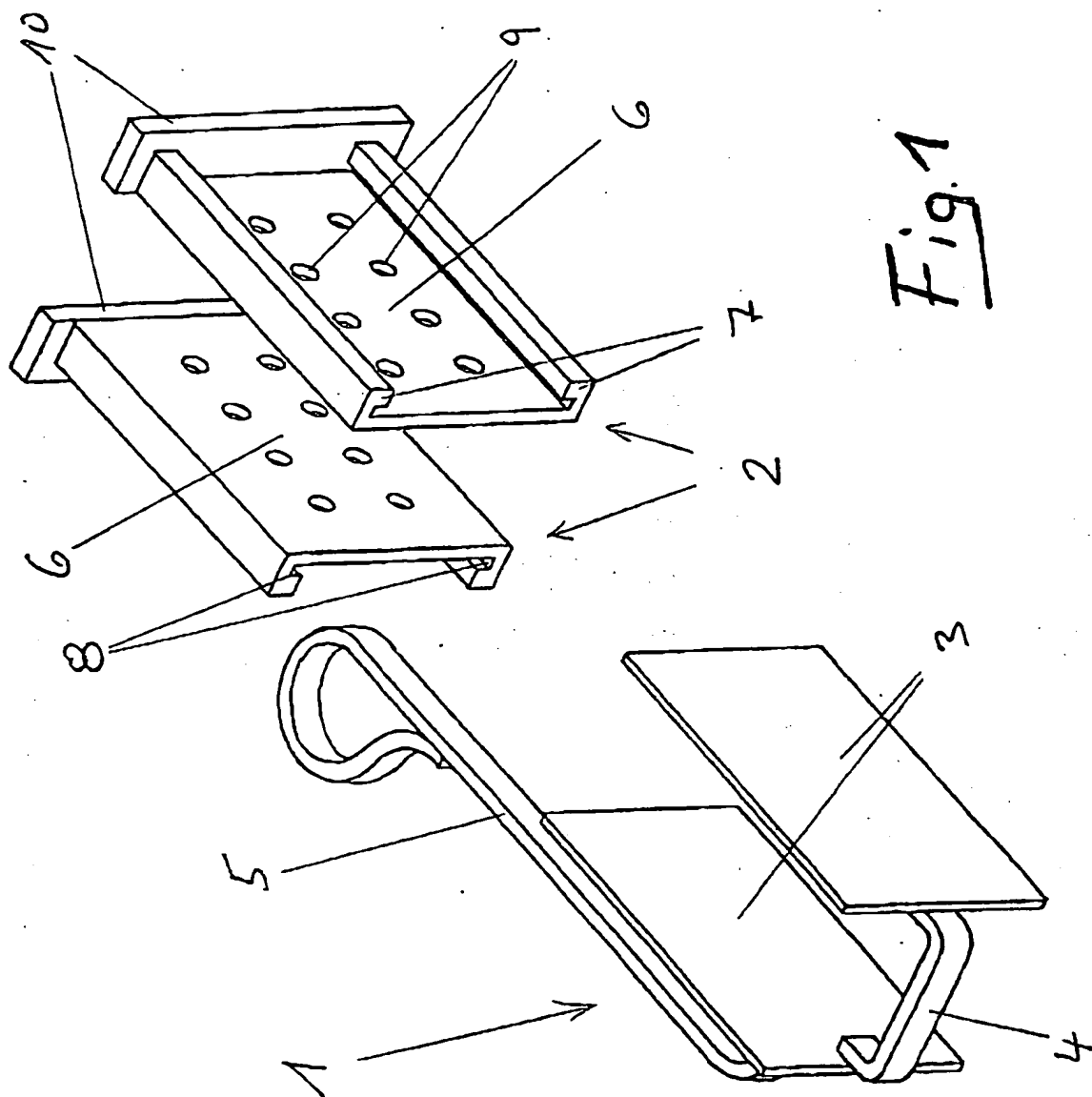
Int. Cl. 5:

Veröffentlichungstag:

DE 41 41 311 C1

A 61 C 9/00

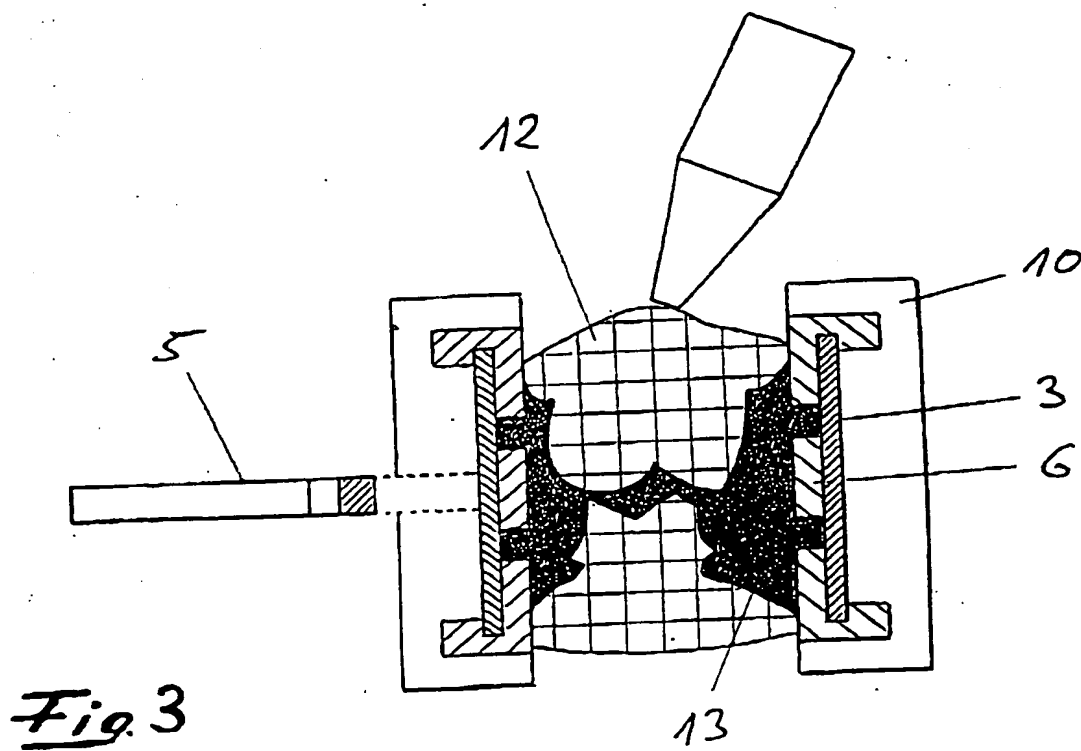
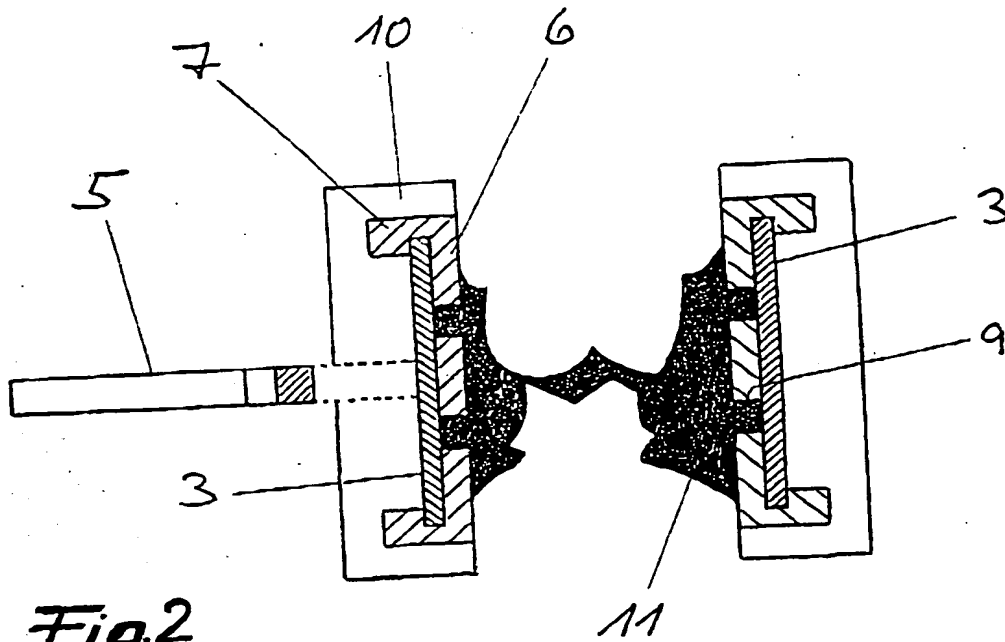
19. August 1993



ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:
Int. Cl.⁵:
Veröffentlichungstag:

DE 41 41 311 C1
A 61 C 9/00
19. August 1993



ZEICHNUNGEN SEITE 3

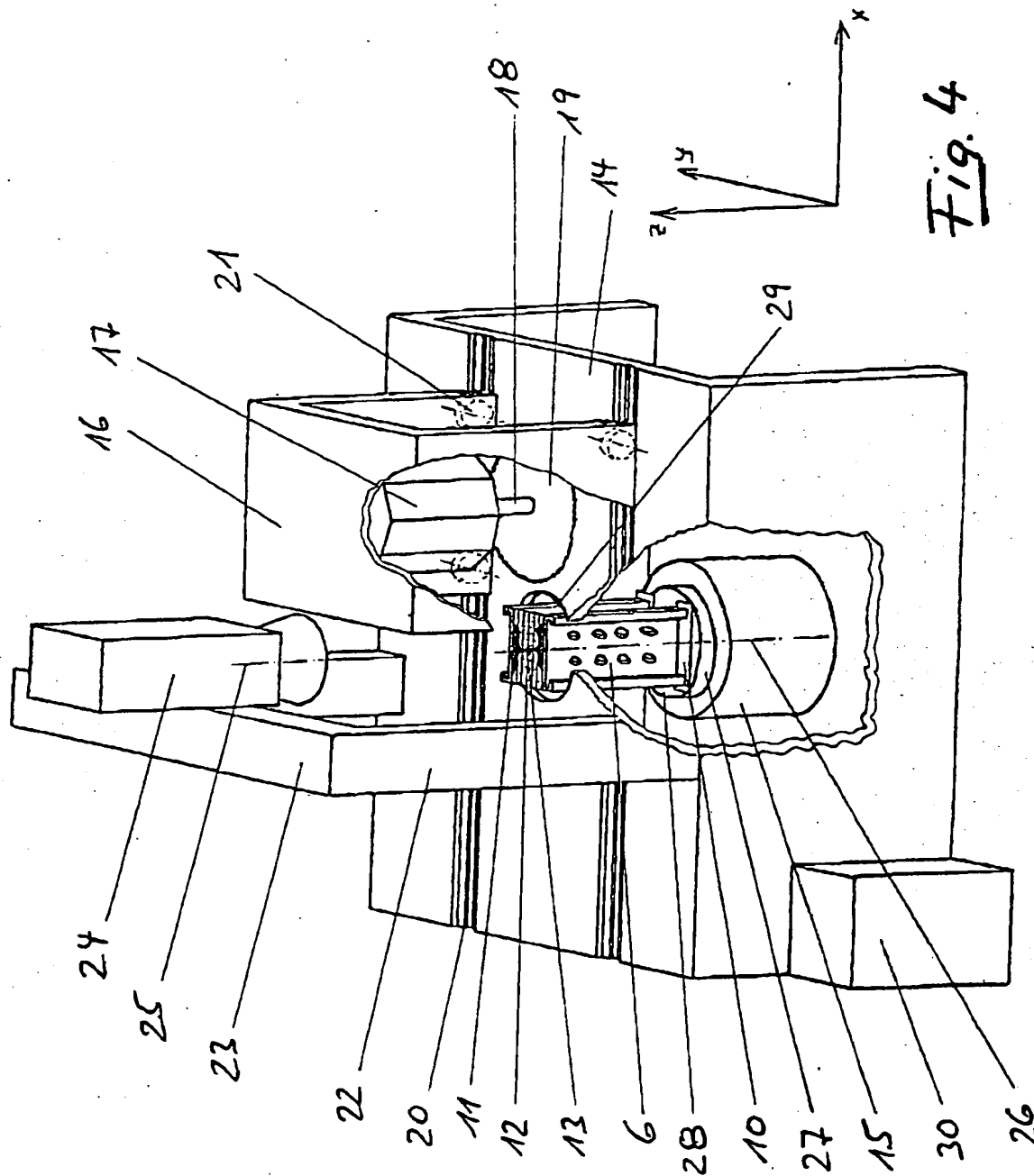
Nummer:

Int. Cl. 5:

Veröffentlichungstag: 19. August 1993

DE 41 41 311 C1

A 61 C 9/00



Nummer:

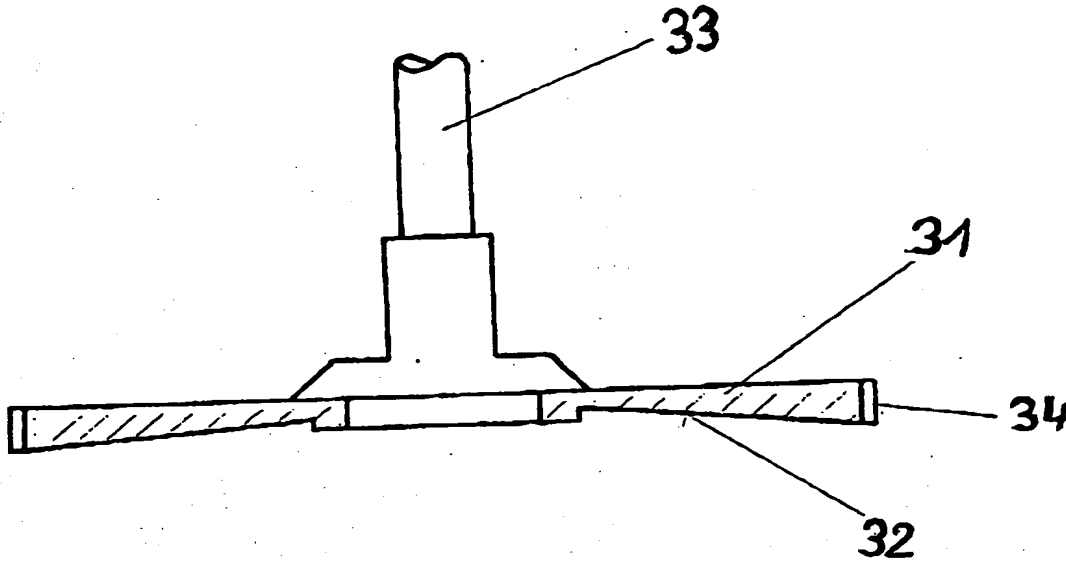
DE 41 41 311 C1

Int. Cl.⁵:

A 61 C 9/00

Veröffentlichungstag: 19. August 1993

ZEICHNUNGEN SEITE 4

*Fig. 5*

ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:

DE 41 41 311 C1

Int. Cl. 5:

A 61 C 9/00

Veröffentlichungstag: 19. August 1993

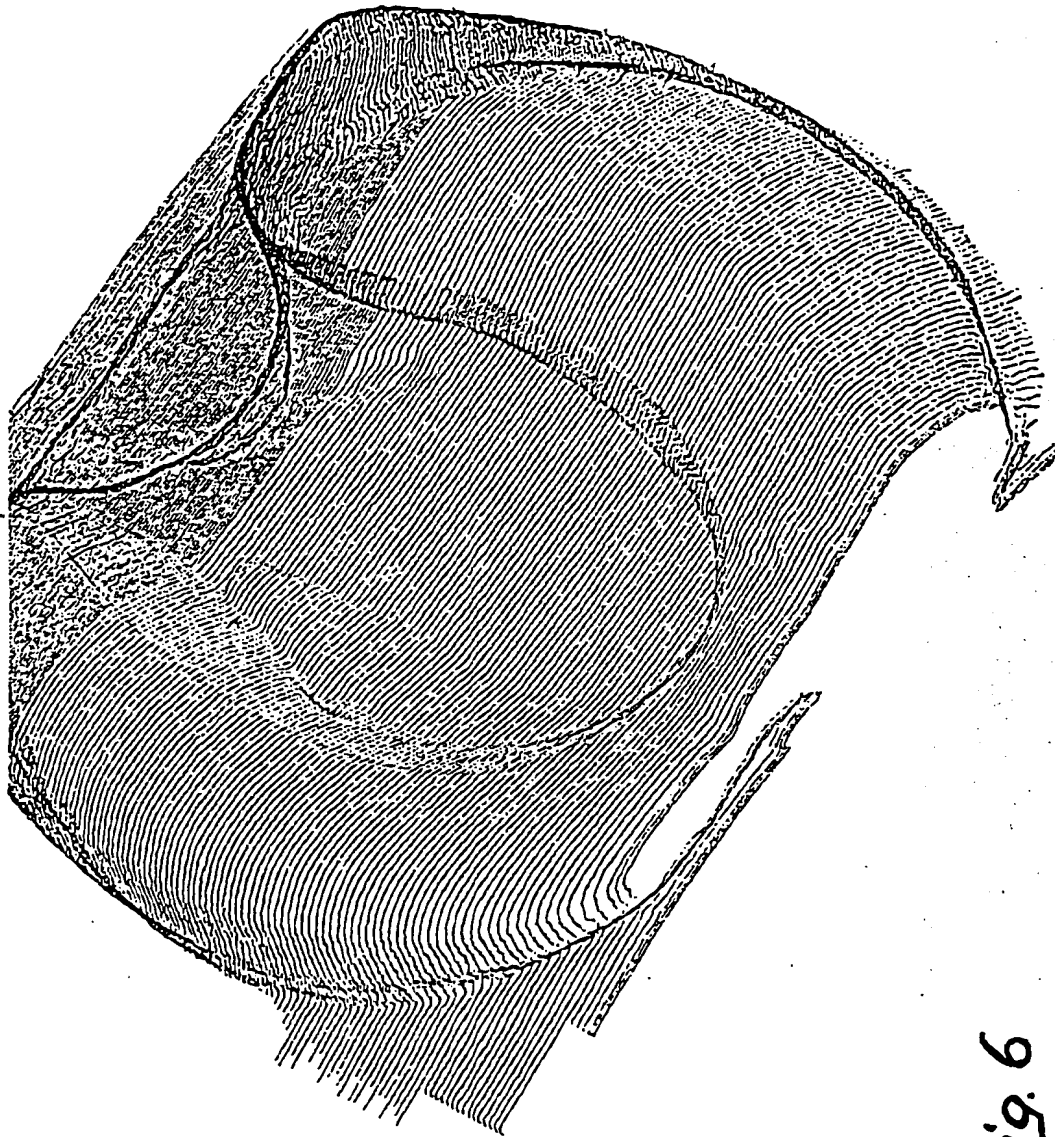


Fig. 6